

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-31161

(43)公開日 平成10年(1998)2月3日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 21/02

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 21/02

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数21 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-94372

(22)出願日 平成9年(1997)3月31日

(31)優先権主張番号 1 9 6 1 2 8 4 6 . 3

(32)優先日 1996年3月30日

(33)優先権主張国 ドイツ (D E)

(71)出願人 396000455

カール ツァイス イエナ ゲゼルシャフ  
ト ミット ベシュレンクテル ハフツン  
グ

ドイツ D-07745 イエナ タツツェン  
ドプロムナード 1 a

(72)発明者 ハンス-ゲオルグ パウマン

ドイツ国 D-07749 イエナ シュレン  
ドルフェル ストラッセ 6

(74)代理人 弁理士 松田 省躬

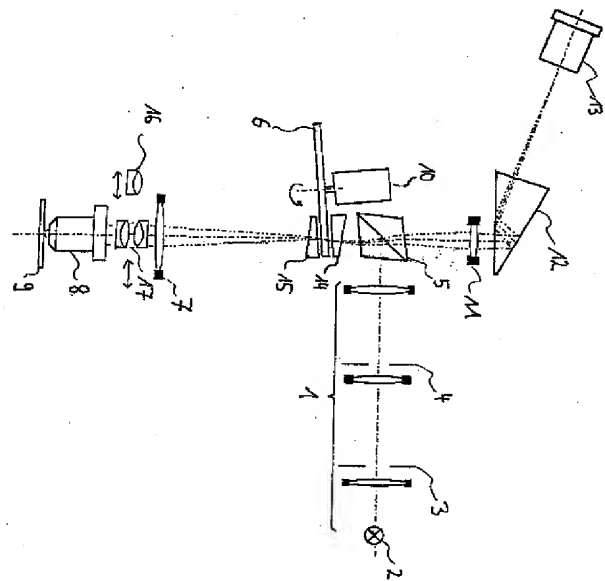
(54)【発明の名称】 共焦点顕微鏡光路において定義した縦色収差を生成する

ための装置

(57)【要約】

【課題】 顕微鏡装置において少ない費用でしかも他の像欠陥を引き起こさずに所定の縦色収差を生成することである。

【解決手段】 定義した縦色収差を有し結像光路内で顕微鏡対物レンズ8、および中間像を生成するレンズ間の平行光路内に、あるいは回転して光路内に入出する少なくとも一つのレンズまたは少なくとも一つのガラス板または少なくとも一つの回折要素から成る付加光学系16、17を設置して成る顕微鏡対物レンズを有する、共焦点顕微鏡光路において定義した縦色収差を生成するための装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 定義した縦色収差を有し結像光路内で顕微鏡対物レンズに付加光学系を後置して成る顕微鏡対物レンズを有する、共焦点顕微鏡光路において定義した縦色収差を生成するための装置。

【請求項2】 顕微鏡対物レンズが、物体を無限遠に結像する請求項1に記載の装置。

【請求項3】 付加光学系を、顕微鏡対物レンズ、および中間像を生成するレンズ間の平行光路内に設置する請求項2に記載の装置。

【請求項4】 顕微鏡対物レンズが、物体を絞りに面に結像する請求項1に記載の装置。

【請求項5】 付加光学系が、回転して光路内を出入す

総合焦点距離	レンズ	焦点距離	タイプ	アッペ数
44581mm	L 9	-21.52mm	BaF52	46.1
	L 10	21.98	F5	37.8

レンズ面	半径	厚さ
F 1	-110.593mm	
d 1		2.5mm
F 2	15.070	
d 2		3.6
F 3	-105.929	

【請求項10】 付加光学系が、二つの光学系から成ることを特徴とする請求項1ないし7の一項に記載の装置。

【請求項11】 異なる材料のそれぞれ一つの集光レンズおよび一つの発散レンズを各光学要素が有する請求項10に記載の装置。

【請求項12】 光学要素が、±5%の誤差をもって異なる符号の同じ焦点距離を有する請求項10または11に記載の装置。

【請求項13】 異なる材料のそれぞれ一つの集光レンズおよび一つの発散レンズを有し、その際異なる材料が40以上の大きいアッペ数 $\nu$ のレンズ、および40以下の小さいアッペ数 $\nu$ のレンズである二つの光学系を有する請求項11または12に記載の装置。

【請求項14】 第1光学系の集光レンズのレンズタイプが、第2光学系の発散レンズのレンズタイプに対応し、第1光学系の発散レンズのレンズタイプと第2光学系の集光レンズのレンズタイプが互に対応する請求項11ないし13の少なくとも一項に記載の装置。

【請求項15】 レンズタイプとして、クラウンレンズとフリントレンズを使用することを特徴とする請求項1ないし14の少なくとも一項に記載の装置。

【請求項16】 各光学系のレンズタイプとして、それ

る請求項1ないし4の一項に記載の装置。

【請求項6】 複数の付加光学系が、選択的に回転して光路内に導かれる請求項5に記載の装置。

【請求項7】 付加光学系が、少なくとも一つのレンズまたは少なくとも一つのガラス板または少なくとも一つの回折要素から成る請求項1ないし6の一項に記載の装置。

【請求項8】 付加光学系が、一つの光学要素から成る請求項1ないし7の一項に記載の装置。

【請求項9】 二つの接合レンズL9、L10が以下の表4の構成によることを特徴とする請求項8に記載の装置。

【表4】

焦点距離	タイプ	アッペ数
-21.52mm	BaF52	46.1
21.98	F5	37.8

ぞれ異なるクラウンレンズおよびフリントレンズを使用する請求項10ないし15の少なくとも一項に記載の装置。

【請求項17】 二つの光学系が、互いに鏡像対称の集光レンズおよび発散レンズの構成を有する請求項10ないし16の少なくとも一項に記載の装置。

【請求項18】 第1および第2光学系の集光レンズおよび発散レンズの順序が反対である請求項11ないし17の少なくとも一項に記載の装置。

【請求項19】 付加光学系の第1および第2レンズ間の間隔が30mm以下である請求項10ないし18の少なくとも一項に記載の装置。

【請求項20】 レンズL1、L2およびL3、L4から成る付加光学系の第1および第2光学系G1、G2が、以下の表1の焦点距離、レンズタイプ、レンズ面Fの曲率半径、および厚さdによることを特徴とする請求項10ないし19の少なくとも一項に記載の装置。

【表1】

系	焦点距離	レンズ	焦点距離	タイプ
G1	+988mm	L1	+44.6mm	SFL6
G2	-1007	L2	-45	FK5
		L3	-60.8	SFL6
		L4	+68.6	FK5

系	焦点距離	レンズ	焦点距離	タイプ
G3	-213mm	L5	-36mm	BaK1
G4	+211	L6	+41	SFL6
		L7	-41	SF10
		L8	+32	Baf52

レンズ面	半径	厚さ
F1	49.3mm	
d1		2mm
F2	-134.6	
d2		1.6
F3	26.4	
d3		22.6
F4	-27.0	
d4		1.6
F5	-61.0	
d5		2
F6	-21.9	

【請求項21】 レンズL5、L6およびL7、L8から成る付加光学系の第1および第2光学系G3、G4が、焦点距離、レンズタイプ、レンズ面Fの曲率半径、および厚さdについて以下の表2の指定を有する請求項10ないし19の一項に記載の装置。

【表2】

レンズ面	半径	厚さ
F1	51.6mm	
d1		1.6mm
F2	14.6	
d2		2.1
F3	24.4	
d3		20.8
F4	26.0	
d4		2.2
F5	13.4	
d5		3.2
F6	38.7	

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は顕微鏡光路において、縦の色収差を生成するための光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】レンズを有する光学装置は像欠陥を有するが、それらは補正状態に応じて多かれ少なかれ良好に補正される。しかし光学系には、少なくとも部分領域において他の像欠陥、特に鏡像力場内の横色収差を生成せずに所定の縦色収差を有しなければならない場合がある。例えば深さの異なる物体構造を各色により固定像面に結像する必要がある機器といった用途もある。

【0003】WO第92/01965号では、このため同時共焦点像生成のための装置において大きな色収差を有する対物レンズを設置する。これは、ドイツ特許A1第4419940号の対象でもある。それら装置のため、それ以外の像欠陥が生じない特殊対物レンズを開発する必要がある。「共焦点顕微鏡ハンドブック」(Plenum Press、ニューヨーク、ロンドン、1995、p.263、264)には同様に独自に構成した対物レンズが示されるが、それらは開口数に関して最適であり得ない。

【0004】それら独自に構成した対物レンズは、その目的にしか使用できない欠点を持つ。さまざまな「平面プロファイルの深さ」については、それぞれ特別の対物レンズを開発しなければならない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、顕微鏡装置において少ない費用でしかも他の像欠陥を引き起こさずに所定の縦色収差を生成することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】この課題は、請求項1の特徴を有する装置により解決される。本発明の好ましい別形態は、従属請求項の対象である。

【0007】好ましくは、中間像を生成するため対物レンズと鏡筒レンズ間に付加光学系を設置し、その際物体を対物レンズにより無限遠に結像する。しかし本発明の付加光学系は、物体を直接共焦点絞りに結像する対物レンズに後置できる。こうして中間波長の各物点の光線が平行に付加光学系に入射し、そこから再び平行に出射し、その際より長い波長を持つ、より深部にある物体箇所、およびより短い波長を持つ、より高位置にある物体箇所の光線が、同様に付加光学系を平行に出射し、従って像内ですべてをシャープに結像する。このようにして観察者は、各色、各平面の物点を同時にシャープに観ることができ、こうして実質的に拡大した焦点深度を得ることができる。

【0008】他の物体深度の、他の波長の、平行に出射しない光線が結像に寄与しないことは、共焦点結像の本質のためであり、中間像内のニプコー円板の孔システム、または中間像からの小直径像点のみを共通の孔絞りにより結像するレンズ構成など適当な構造を特徴とするからである。本発明の付加光学系で焦点距離は、中間波長、例えば546nmについて無限遠、より長い波長について負の焦点距離、より短い波長について正の焦点距離が、上記の場合の顕微鏡物体の色と高さの帰属関係（ないし反対の関係では逆）についてそれぞれメートル領域で実現される。

【0009】こうして共焦点顕微鏡の場合、色による物体の深度による差別化は、色に関し完全補正しない対物レンズの偶然に任せるのではなく、高度に補正した周辺部補正プランアボクロマートを使用でき、それらにより青が山頂、緑が谷位置、赤が海底以下など色による地形の高度断面図の場合のように、まず第一に物体細部の深度に対し色を正確に配色させることができ、第二に色がスペクトル色として良好に差別化でき、偶然的な縦の残留色収差の混合色ではない。所定の縦色収差を生成する本発明の光学システムでは、他の像欠陥、特に横色収差ないし倍率色収差、像面湾曲、コマ、非点収差およびひずみも良好に補正される。顕微鏡に最適に使用するため付加光学系の長さは、例えば鏡筒レンズ交換システムとして使用できるように30mmを越えてはならない。本発明の他の利点および効果は、図示した実施例により以下に詳細に説明する。

【0010】

【発明の実施の形態】図1に照明光学系1があり、光源2、照明視野絞り3および開口絞り4を有し、ビームス

プリッタ5を介して光路内に傾斜して設置したニプコー円板の方法により孔マスク6の方向に導かれるので、孔マスク6の上側で照明視野絞り3の像が得られる。

【0011】孔マスク6と照明視野絞り3は、鏡筒レンズ7と対物レンズ8により観察物体9の平面に結像し、この物体がまた孔マスク6上に戻って結像される（共焦点結像）。孔マスク6は、モータ10により回転運動されるので、孔マスク上の孔模様が物体面上に移動する。物体9により反射した光線は、また孔マスク6の孔を貫通し、ビームスプリッタ5を通る。孔マスクの平面は、物体9の像とともにレンズ11およびバウエルンフェイント（Bauernfeind）プリズム12を介し接眼レンズ13に結像される。

【0012】孔マスク6の前および背後の光路において、孔マスク6を光路内で光学的に直立させる相互に反対向きのくさび状プリズム14、15が設置されている。

【0013】第1付加光学系16または第2光学系17は対物レンズ8と鏡筒レンズ7間で、物体9が対物レンズ8により無限遠に結像されるところに、交換可能およびスライド導入可能に設置される。

【0014】このようにして中間波長を持つ物点の光線は、付加光学系16または17に平行に入射しそこから再び平行に出射し、その際より長い波長を持つ深部にある物体箇所の光線、およびより短い波長を持つ高い位置の物体箇所の光線は、対応して同様に付加システムから平行に出射し、従って像内ですべてがシャープに結像される。他の物体深度の他の波長を持つ平行に出射しない光線が結像に寄与しないことは、中間像内のニプコー円板の孔システム、または中間像からの小口径の像点のみが共通孔絞りにより結像されるレンズ配置など、適当な構造を特徴とする共焦点結像の本質に基づく。

【0015】図2および表1ならびに図3および表2に示す付加光学系は、レンズ厚を合わせて互いに30mm弱の間隔を有する二つの系から成る。図2ないし図4には、それぞれ像中央から来る光線S<sub>b</sub>、および像周辺部からの光線S<sub>r</sub>を示す。一枚の接合レンズから成り所定の色ずれを生成するが、倍率色収差および視野補正の残留収差を有する単一付加光学系も使用できる。

【0016】単一付加光学系の例を表4および図4に示す。例えば図4の単一付加光学系において付加光学系後の空気空間において各色が少し発散し、それが軸外における別の色の像をもたらすことがある、一方図2と図3の実施例では、第2光学系により各色が再び集まるので、各像深度について一色のみ発生する。

【0017】図2と図3の2光学系は、異なる符号のほとんど同じ焦点距離（±5%）を有し、「鏡像的に反対向き」、すなわち例えば図示のように構成し、その形態は共通中心に鏡像対称に設置するが、反対のレンズタイプ、すなわち一方の系の集光レンズが他の系の発散レン

ズと同じまたは類似のレンズから成り、同じまたは類似の焦点距離を有するが符号が反対である。

【0018】好ましくはその際各系のレンズは、少なくともそれぞれ一枚のクラウンレンズとフリントレンズ、すなわち色分散の大きいアッペ数と小さいアッペ数を有するレンズで構成する。すなわちそれぞれ40以上の大きいアッペ数 $n$ のレンズと、40以下の小さいアッペ数 $n$ のレンズを使用することを意味する。

【0019】原理的作用ひいては原理的構成に関し、ある系の個々のレンズがどのような順序で配置されるかは重要であり、レンズ種、厚さおよび半径も同一であってはならず、それにより異なる課題に適合するため利用できる。

【0020】図3および表2にその光学系を示すが、ここではクラウンレンズとフリントレンズの順序が置き換えられ、各系が異なるレンズから成り別のレンズ曲率を有する。

【0021】この装置の光学的作用を表3に示す。鏡像対称の構成により、一の系の発散レンズが常に他の系の集光レンズの作用を補正し、それにより簡単な接合レンズのコマと非点収差に関し残留収差を除去し、さらに像面湾曲ないしペッツバルの和0が総合焦点距離により無限遠になる。

【0022】ひずみも二つの系の焦点距離の反対符号により補正され、他方、個々の系が各自反対向きでより大きい色収差を所望の総合収差として有することにより、色コマおよび特に倍率色収差または色ひずみなどの色収差が二つの系間の空気間隔により除去される。

【0023】鏡像対称のレンズの異なるレンズタイプ、および異なる幾何的形態により、所望の色収差が最適な

視野補正で調節できる。

【0024】表1の例は、第2集光レンズL4を後置した第2発散レンズL3を有する負の焦点距離を持つ系G2が後置される、第1集光レンズL1と第1発散レンズL2を有する正の焦点距離を持つ系G1から成る。

【0025】所定の縦色収差は、各系の異なる半径から発生する。光学パラメータの好ましい測定により、色コマ、非点収差、ガウス欠陥および倍率色収差などの像欠陥が十分補正される。

【0026】図2のようにレンズL1、L2およびL3、L4から成る付加光学系の第1および第2光学系G1、G2に関する焦点距離、レンズタイプ、レンズ面F1ないしF6の曲率半径、および厚さd1ないしd5:

【0027】

【表1】図3の付加光学系は、発散レンズL5、集光レンズL6び発散レンズL7、集光レンズL8から構成される負の焦点距離を持つ光学系G3、および正の焦点距離を持つ光学系G4から成る。この場合所定の縦方向色収差は、二つの系内の軽度異なるレンズでも各種半径でも発生する。

【0028】図3のようにレンズL5、L6およびL7、L8から成る付加光学系の第1および第2光学系G3、G4に関する焦点距離、レンズタイプ、レンズ面F1ないしF6の曲率半径、および厚さd1ないしd5:

【0029】

【表2】図3および表2の例に関し各対物レンズ倍率のときの4波長の物体面の位置の差異:

【0030】

【表3】

倍率	波長	436nm	480nm	546nm	644nm
10×		0.067mm	0.037mm	0	0.034mm
20×		0.017	0.0093	0	-0.0084
50×		0.0027	0.0015	0	-0.0013
100×		0.00067	0.00037	0	-0.00034
150×		0.00030	0.00016	0	-0.00015

二つのレンズL9、L10の構成:

【0031】

【表4】本発明は、提示した実施形態に拘束されない。特に他に構成した付加光学系、例えば回折系またはレンズ板が使用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の共焦点顕微鏡の全体配置図である。

【図2】本発明の付加光学系の構造図である。

【図3】本発明の別の付加光学系の構造図である。

【図4】単一付加光学系の図である。

【符号の説明】

1 照明光学系

2 光源

3 照明視野絞り

4 開口絞り

5 ビームスプリッタ

6 孔マスク

7 鏡筒レンズ

8 対物レンズ

9 物体

10 モータ

11 レンズ

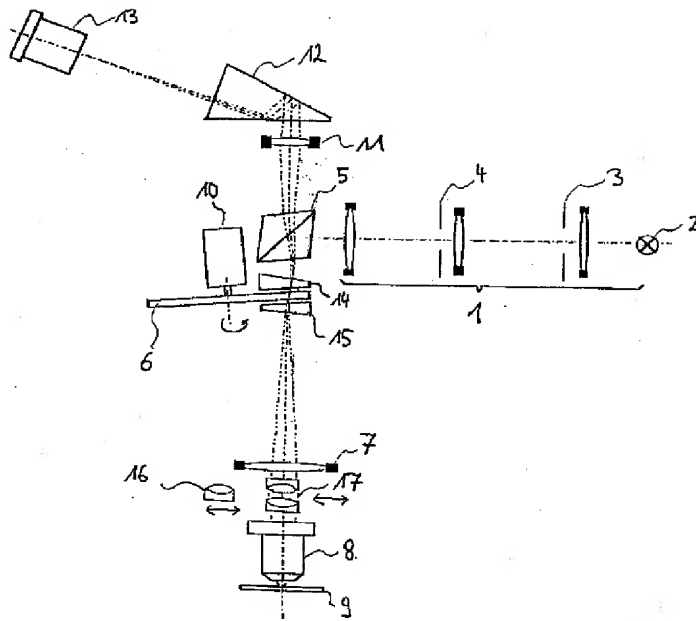
12 バウエルンファイント（農民の敵）プリズム

13 接眼レンズ

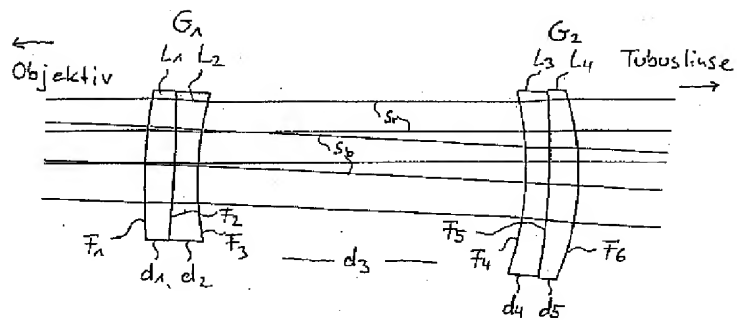
14、15 くさび状プリズム

16、17 付加光学系

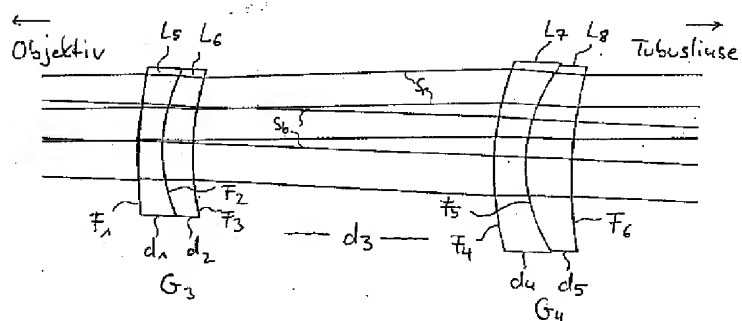
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

